



DIPLOMA UNIVERSITARIO IN INGEGNERIA INFORMATICA
CORSO DI AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

A.A. 2001/2002

- ALBERTO LEVA -

Syllabus

PREMESSA

In ogni sistema di controllo industriale vi sono strutture fatte da anelli di regolazione variamente interconnessi e aventi lo scopo d'imporre alle variabili d'interesse gli andamenti desiderati. Per mettere a punto queste parti del sistema occorrono, in misura più o meno rilevante, alcune nozioni di fisica (che s'imparano nei corsi d'ingegneria di base), di modellistica elementare e di teoria del controllo (che si ricevono nel corso di Fondamenti di Automatica) e sui dispositivi di uso più tipico in sistemi siffatti (fornite nel corso di Ingegneria e Tecnologia dei Sistemi di Controllo).

Oltre agli anelli di regolazione, però, in un sistema di controllo vi sono molte altre cose: vi è la necessità d'interagire con l'operatore e di rispondere ai suoi comandi, di reagire a situazioni che possono verificarsi in momenti imprevedibili, di gestire *sequenze* di operazioni (ad esempio per l'accensione o lo spegnimento di una macchina), di coordinare tra di loro il funzionamento di macchine diverse, e così via.

Semplificando di molto le cose dal momento che questa è una trattazione introduttiva, un sistema di controllo può allora suddividersi grossolanamente in due parti. La prima, identificabile con buona approssimazione nel processo e nei regolatori che chiudono i necessari anelli, è ben descrivibile con equazioni algebrico/differenziali, e dunque come suo connotato distintivo si può adottare il fatto che la sua evoluzione è governata dal *tempo*. Di conseguenza, per descrivere questa parte del sistema ai fini della messa a punto dei regolatori coinvolti, il formalismo "naturale" da impiegarsi è quello dei sistemi dinamici a tempo continuo e/o discreto, e infatti è in quest'ambito che finora i problemi di controllo sono stati posti e risolti.

La seconda parte del sistema è più complessa da definire allo stato attuale delle conoscenze del lettore, talché la sua definizione costituisce la prima - e fondamentale - nozione da apprendersi nel corso di Automazione Industriale. Tuttavia, accettando un certo grado di approssimazione, si può per ora definire tale parte proprio come "tutto quel ch'è necessario per far funzionare un sistema di controllo e non si riesce a descrivere con equazioni algebrico/differenziali": in essa rientrano dunque tutte le funzioni *logiche* che i controllori dovranno realizzare, tutte le azioni ch'essi dovranno intraprendere in risposta ad eventi asincroni rispetto alla evoluzione loro e del processo quali un comando impartito dall'operatore oppure la rilevazione di un guasto, la gestione delle sequenze di operazioni, le funzioni di coordinamento ed altro ancora. Anche in questa fase preliminare, allora, non dovrebbe essere difficile intuire che, per mettere a punto *questa* parte del sistema di controllo, il formalismo dei sistemi dinamici a tempo continuo e/o discreto non ha alcuna utilità, e che la ragione di ciò sta proprio nel fatto che questa parte del sistema evolve sotto la guida non del tempo bensì appunto degli *eventi*. Di conseguenza l'idea di "problema di controllo" finora appresa dev'essere ampliata, perché in ogni sistema reale - accanto agli anelli di controllo - vi è "qualcos'altro" che si occupa di tutta la parte del problema complessivo che non può esprimersi richiedendo che un dato sistema dinamico a tempo continuo e/o discreto abbia date caratteristiche.

Per completezza è bene dire che, com'è vero che in ogni sistema di controllo vi sono entrambe queste parti, lo è anche che la loro importanza relativa è molto variabile. Vi sono cioè casi in cui quasi tutto il lavoro di messa a punto sta nel controllo modulante e ve ne sono altri dove quasi tutto il lavoro sta nella parte logica. Ad esempio, nel mettere a punto la regolazione fine della temperatura di un forno "isolato" (cioè non inserito in una "macchina" più grande) predomina il lavoro sulla parte modulante, dato che la logica si riduce alle sequenze di accensione e di spegnimento o poco più, e queste sono in generale assolutamente standardizzate. Viceversa, nel mettere a punto una linea di produzione robotizzata, il compito del progettista è fatto praticamente solo di logica, stante che i regolatori modulanti (quelli di posizione dei robot) sono già presenti sulle macchine e sono già stati tarati dal loro produttore. Orbene, l'allievo ha finora appreso la capacità di trattare un problema di controllo *modulante* usando come formalismo descrivente il problema quello dei sistemi dinamici a tempo continuo e/o discreto. Ora dovrà imparare anzitutto a conoscere e quindi a trattare questi "nuovi" problemi di controllo, dove - come si è accennato e si vedrà in dettaglio nel corso - la cosa più importante non è il tempo ma sono gli eventi. Dovrà dunque conoscere un nuovo formalismo, che sarà quello dei *sistemi ad eventi discreti*, e con esso dovrà apprendere come a partire dalla realtà fisica si pone e si risolve un problema di controllo di questo nuovo tipo. Inoltre, per poter tradurre in pratica le soluzioni trovate, dovrà familiarizzarsi con i dispositivi tipicamente usati allo scopo (i controllori logici, appunto) e con il loro uso.

Ciò premesso, il corso di Automazione Industriale è strutturato essenzialmente in due parti. Nella prima si comprende cos'è un sistema ad eventi discreti, quali situazioni fisiche può descrivere e dunque qual'è la sua importanza ingegneristica, cosa vuol dire "controllarlo", quali formalismi si possono impiegare per descriverlo e dunque per porre su di esso un problema di controllo. Poi ci si concentra su uno di tali formalismi descrittivi (le reti di Petri) e s'impara a risolvere un problema di controllo, giungendo a descrivere il controllore con lo stesso formalismo usato per il sistema da controllare.

Nella seconda parte, invece, s'impara a conoscere i controllori logici apprendendo i fondamenti della loro programmazione e le normative sui linguaggi. S'impara altresì a implementare con essi i regolatori che in precedenza si sono ottenuti sotto forma di reti di Petri.

L'obiettivo didattico che il corso persegue non è quello d'insegnare i dettagli della programmazione dei controllori logici; questi infatti possono essere facilmente appresi nella pratica professionale, ma il loro uso efficiente (e spesso la loro stessa comprensione) s'ottengono soltanto a patto che nell'affrontare un problema di controllo logico *si abbia un metodo di lavoro sistematico*. Lo scopo del corso, come si tenterà di rendere via via più chiaro, è proprio fornire un metodo siffatto, e tale scopo si potrà ritenere raggiunto se l'allievo trarrà dal corso la decisa convinzione che - a meno dei casi banali - di fronte ad un problema di controllo di un sistema ad eventi discreti è molto più produttivo affrontarlo in modo formale piuttosto che "provare a buttar giù una logica e poi metterla a posto man mano".

ALCUNI CONSIGLI

Coerentemente con la premessa, il corso non avrà una forte componente matematica (per quanto almeno una minima dimestichezza con l'algebra delle matrici sia necessaria); avrà invece una fortissima componente *logica*, nel senso che per trarre da esso il frutto concettuale desiderato occorre divenire capaci di usare un formalismo e di usarlo con saggezza. Di conseguenza i concetti da apprendere non saranno moltissimi, teoremi quasi non se ne vedranno, ma è bene chiarirsi fin da ora che pensare di studiare la materia a memoria o d'imparare a risolvere gli esercizi applicando procedimenti "a macchinetta" in questo corso è ancor meno produttivo (per l'esame e ancor di più per la professione) di quanto lo sia in generale. Pertanto, gli allievi sono caldamente invitati a:

- Non trascurare le parti "teoriche" (che già si sono davvero ridotte al minimo indispensabile) pensando che basti imparare a risolvere gli esercizi. Lo si dice subito perché, per com'è fatta la materia, prima di poter trattare casi pratici occorrerà dotarsi di alcuni strumenti astratti, e chi non si preoccupasse da subito di capirli - aspettando di vederli applicati - al momento dell'applicazione incontrerebbe delle difficoltà significative nel seguire.
- Usare il presente *Syllabus* come strumento di verifica durante il corso, domandandosi con sano spirito autocritico se alla fine di ogni unità didattica hanno veramente acquisito le nozioni che secondo il documento dovrebbero possedere, e se hanno dei problemi non esitare a segnalarli; a tale scopo, all'inizio di ogni lezione successiva alla prima si riserverà un certo tempo per rispondere a dubbi e/o domande.
- Usare gli strumenti software messi a disposizione e familiarizzarsi con essi anche al di là della mera risoluzione dei problemi proposti a lezione. Questo anzitutto li faciliterà in sede d'esame, e poi darà loro l'occasione di conoscere strumenti estremamente simili a quelli che troveranno nel mondo industriale avendo la possibilità di discuterne col docente.

L'ESAME

In concreto, ciò che alla fine del corso si richiede all'allievo (ovvero quel che l'esame tenterà di verificare) è quanto segue:

- Aver capito cos'è un sistema ad eventi discreti e cosa descrive della realtà fisica
- Aver capito cos'è un problema di controllo per un sistema ad eventi discreti
- Conoscere le reti di Petri, le loro proprietà fondamentali e soprattutto il loro uso nell'espressione e nella risoluzione dei problemi di controllo oggetto del corso
- Conoscere alcuni metodi basati su reti di Petri per la sintesi dei regolatori logici
- Conoscere i fondamenti della programmazione dei controllori logici ed essere in grado di usarli per implementare i regolatori logici sintetizzati

L'esame consta di tre momenti. Anzitutto agli allievi è chiesto di svolgere un progetto secondo una traccia scelta in un insieme che verrà presentato e brevemente commentato nell'ultima esercitazione. Il progetto potrà essere svolto da soli o a coppie, potrà prevedere l'uso degli strumenti software presentati nel corso e si sostanzierà nella consegna di una relazione ed eventualmente di un programma. Poi vi è una prova scritta, della durata tipica di un'ora e mezza e consistente nel risolvere semplici esercizi e/o nel rispondere a domande; anche su questo, ovviamente, saranno dati ragguagli a lezione al momento opportuno. Infine vi è una prova orale, consistente in una discussione del progetto e della prova scritta nonché in alcune domande. Il voto si ottiene dalla combinazione del risultato delle tre prove con una certa prevalenza del progetto, che peraltro richiede l'impegno maggiore.

BIBLIOGRAFIA

Per la parte del corso relativa ai sistemi ad eventi discreti ed al loro controllo, s'impiegherà una dispensa scritta dal prof. Luca Ferrarini. Si tratta di un testo che scende ad un livello di approfondimento un po' maggiore di quanto necessario in questo corso, per cui a lezione lo si seguirà in modo il più possibile puntuale e saranno dati opportuni riferimenti su quali parti è necessario studiare in modo approfondito, quali leggere e quali si possono invece tralasciare. La dispensa è costituita da cinque capitoli ("Introduzione", "I sistemi dinamici ad eventi discreti", "Le reti di Petri", "Il controllo di sistemi ad eventi" e "Metodi diretti di progetto") disponibili in rete come file pdf all'indirizzo <http://www.cremona.polimi.it/diploma/didattica>, e può anche essere ottenuta in forma cartacea in copisteria presso la sede di Cremona del Politecnico.

Per la parte del corso relativa ai controllori logici programmabili ed alla loro programmazione si adotterà invece il testo di P. Chiacchio "PLC e automazione industriale", ed. McGraw-Hill. Anche in questo caso il materiale contenuto nel testo è un po' di più di quanto strettamente necessario ai fini del corso, per cui saranno date a lezione le opportune indicazioni.

SOFTWARE

Durante il corso saranno messi a disposizione degli studenti alcuni programmi per il sistema operativo Windows 9x/NT. Tutti saranno impiegati in sede di esercitazione così da mostrarne l'utilizzo, ma per ovvie ragioni di tempo l'apprendimento del loro uso è lasciato in misura significativa agli studenti stessi. Questo non dev'essere per loro motivo di preoccupazione alcuna, dal momento che - come si vedrà nel corso - non si richiede nulla di particolarmente difficile; tuttavia sarà bene che gli allievi prevedano d'investire un po' di tempo in quest'attività. Del resto lo scopo del corso è sì quello d'imparare un metodo, ma ciò sarebbe di poca utilità se fin da subito non s'apprendesse anche a metterlo in pratica.

PnMaker

E' un programma che permette di disegnare una rete di Petri e di simularne l'evoluzione. Non è uno strumento d'analisi delle reti di Petri, ma consente di familiarizzarsi con esse in modo molto semplice.

Programmi Matlab

Sono stati scritti alcuni programmi Matlab per effettuare l'analisi di reti di Petri. Per maggior facilità d'uso non si è prevista per essi un'interfaccia operatore evoluta, nel senso che per utilizzarli è necessario aver familiarità almeno con i comandi Matlab fondamentali e saper impiegare la rappresentazione algebrica delle reti di Petri.

ISaGRAF

Si tratta di uno strumento per la programmazione dei controllori logici nei cinque linguaggi (LD, SFC, FBD, ST ed IL) definiti dallo standard IEC-1131.3. E' bene precisare subito che ISaGRAF è uno strumento *industriale*, attualmente in via di larga diffusione e adatto anche ad applicazioni di dimensioni ragguardevoli. Pertanto, tra i programmi presentati ed usati nel corso, è senz'altro quello più complesso e che richiede più tempo per impraticarsi. Tuttavia è davvero uno strumento potente, talché saperlo usare (anche al livello non particolarmente approfondito che ha senso proporsi di raggiungere qui ma *con metodo*, ovvero calando in esso le competenze apprese durante il corso) costituisce senza dubbio un'abilità non solo "concettuale" ma anche professionalmente spendibile con frutto.

INFORMAZIONI SUL DOCENTE

Alberto Leva

Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano
Tel. 02.2399.3410 - Fax 02.2399.3412 - E-mail leva@elet.polimi.it

Durante il corso il docente sarà a disposizione degli allievi per domande e/o chiarimenti alcuni mercoledì pomeriggio, dalle 13.30 circa in poi finché ce n'è bisogno. Nel periodo restante sarà disponibile per appuntamento, presso la sede di Cremona se possibile e se no a Milano.

PIANO DEL CORSO

PRIMA SETTIMANA - LEZIONE

INTRODUZIONE AL CONTROLLO DEI SISTEMI AD EVENTI DISCRETI (DES)

L'allievo sa cosa sono i sistemi dinamici ad eventi discreti (DES) e conosce le loro caratteristiche qualificanti: variabili lessicali ed evoluzione guidata dagli eventi. E' cosciente dell'utilità di tali sistemi per modellizzare processi produttivi di svariate tipologie - manifatturieri, continui e batch - delle quali conosce le connotazioni distintive essenziali. Conosce la distinzione tra modelli logici e modelli temporizzati. Sa cosa significa porre un problema di controllo per un sistema ad eventi discreti e che esso ha degli aspetti caratteristici del tutto peculiari: in particolare, gli è chiaro che la corretta espressione del comportamento desiderato di fatto costituisce già la sintesi del regolatore. Sa che alcuni problemi di controllo possono risolversi con modelli logici mentre per altri ne occorreranno di temporizzati, ed è a conoscenza del fatto che - esistendo validi strumenti di analisi soltanto per i primi, mentre per i secondi si deve ricorrere alla simulazione - conviene sempre enucleare da un problema di controllo la parte logica e affrontarla in modo sistematico. Ha quindi chiara l'esigenza di un formalismo per descrivere sia i DES che i comportamenti desiderati.

SECONDA SETTIMANA - LEZIONE

LE RETI DI PETRI COME FORMALISMO PER IL CONTROLLO DEI DES: DEFINIZIONI E PROPRIETÀ FONDAMENTALI

L'allievo sa cosa sono le reti di Petri del tipo P/T ed è in grado, sulla base di alcuni esempi preliminari, d'impiegarle per descrivere il comportamento logico di sistemi semplici. Conosce le rappresentazioni grafica e algebrica delle reti di Petri, ed è in grado di passare dall'una all'altra. Conosce le proprietà fondamentali che riguardano i posti, le transizioni, le marcature e la rete nel suo complesso. Si rende conto dell'utilità delle reti di Petri ai fini della descrizione (e quindi del controllo) dei DES, ed è capace d'impostare e risolvere semplicissimi problemi di controllo siffatti col solo ausilio dell'intuizione. Nell'assumere questa capacità, inoltre, si rende conto di come una scrittura ordinata e intelligente della rete di Petri associata ad un dato sistema fisico permetta di evidenziare i potenziali problemi nel suo controllo: gestione di risorse condivise, situazioni di blocco, e così via. E' anche cosciente del fatto che, in un caso di complessità realistica, alcuni di questi problemi potrebbero non risultare evidenti da una semplice analisi "ad occhio" della rete, e dunque che per eseguire tale analisi è necessario dotarsi di un metodo sistematico.

TERZA SETTIMANA - LEZIONE

P-INVARIANTI E T-INVARIANTI

L'allievo conosce la definizione formale di P-invariante e T-invariante ed il loro significato; è in grado d'impostare, data una rete di Petri, il problema della ricerca degli invarianti e conosce un algoritmo per la sua (non banale) soluzione. Sulla base di semplici esempi illustrati a lezione, è capace di correlare la presenza di P-invarianti e/o T-invarianti in una rete con alcune caratteristiche del sistema fisico da essa descritto e del modo in cui tale sistema evolve. E' in grado, in sostanza, di capire se la presenza di P-invarianti e T-invarianti pone in evidenza "qualcosa d'interessante" sul sistema fisico descritto dalla rete, e quindi che le conclusioni che si traggono dalla ricerca degli invarianti costituiscono in generale un'informazione utile ai fini della sintesi del controllo: in particolare, è cosciente delle relazioni che intercorrono tra i P-invarianti e il problema della gestione delle risorse condivise.

QUARTA SETTIMANA - LEZIONE

SIFONI E TRAPPOLE; CLASSI DI RETI DI PETRI

L'allievo conosce la definizione formale di sifone e trappola ed il loro significato; sa verificare, data una rete di Petri, se un dato insieme di posti è o meno un sifone o una trappola, oppure se corrisponde ad un P-invariante. E' in grado d'impostare, data una rete di Petri, il problema della ricerca di sifoni e trappole. Gli è chiaro, sia sulla base di argomentazioni formali sia a seguito di alcuni esempi opportunamente commentati a lezione, qual è il legame intercorrente tra la presenza di sifoni e trappole e le possibili situazioni di blocco di una rete di Petri o di una sua parte. Conosce le principali classi di reti di Petri utili ai fini della modellizzazione e del controllo dei DES: macchine a stati, grafi marcati e reti free-choice. Sa quali sono le loro caratteristiche fondamentali e a quali tipi di problemi ciascuna si presta meglio, e quindi - dato uno specifico sistema da descrivere - ha perlomeno un'idea generale di quali accortezze occorre tenere nella scrittura della rete di Petri per far sì ch'essa risulti del tipo desiderato. Conosce, per le reti free-choice, una condizione necessaria e sufficiente di vivezza basata sulla presenza, e se del caso sulla mutua posizione, di sifoni e trappole.

QUINTA SETTIMANA - ESERCITAZIONE

RETI DI PETRI: RAPPRESENTAZIONI, PROPRIETÀ FONDAMENTALI ED ESEMPI DI USO MODELLISTICO

Vengono svolti alcuni esercizi sulla rappresentazione delle reti di Petri, sulla verifica della presenza o meno delle proprietà fondamentali e sull'impostazione del problema di ricerca degli invarianti. Si affrontano poi alcuni semplici esempi di modellizzazione di sistemi fisici. Successivamente sono presentati e messi a disposizione degli allievi (a) uno strumento software per disegnare reti di Petri e simularne l'evoluzione, (b) alcuni programmi Matlab atti alla ricerca dei P-invarianti, dei sifoni e delle trappole di una rete di Petri. Si affrontano con tali strumenti gli esempi di modellizzazione appena visti e si discutono i risultati.

SESTA SETTIMANA - LEZIONE

METODI CLASSICI DI SINTESI: CONTROLLO SUPERVISIVO FORBIDDEN-STATE

L'allievo conosce la distinzione tra metodi "classici" e "diretti" per la sintesi di un controllore logico. Ha compreso, sulla base di pochi esempi e di una semplice argomentazione formale, che una vasta classe di problemi di controllo logico possono esprimersi dicendo che la rete di Petri associata al sistema controllato non deve poter raggiungere certe marcature. Ha imparato a tradurre vincoli siffatti in un'opportuna equazione vettoriale contenente la matrice d'incidenza della rete non controllata, e sa come da quest'equazione si tragga la matrice d'incidenza del sistema controllato e dunque l'espressione del controllore in termini di rete di Petri. Sa cosa vuol dire osservare e controllare una transizione; sa cos'è una transizione incontrollabile e a quale situazione fisica la sua presenza corrisponde. Conosce quindi un metodo (classico) per la sintesi di un supervisore logico, detto "metodo dei P-invarianti", sa con precisione a quali tipi di problemi di controllo esso fornisce risposta ed è in grado di applicarlo ad un problema, sia esso già formulato su una rete di Petri oppure (perlomeno in casi non troppo complessi) semplicemente espresso a parole. Sa che la presenza di transizioni incontrollabili può rendere inaccettabile una soluzione trovata dal metodo, e se questo avviene sa quali provvedimenti occorre prendere.

SETTIMA SETTIMANA - LEZIONE

METODI DIRETTI DI SINTESI: APPROCCI "TOP-DOWN" E "BOTTOM-UP"

L'allievo sa che i metodi classici permettono di trattare un problema di controllo logico in modo significativamente indipendente dalla complessità del sistema da controllare, ma anche che esistono problemi o parti di problemi (tipicamente dove si debba garantire che certi eventi si succedano in una sequenza prefissata) cui essi per loro natura non si applicano, e sa inoltre che a volte il loro uso può essere scomodo poiché richiede di conoscere un modello piuttosto dettagliato del sistema prima di effettuare la sintesi. Ha compreso quindi l'esigenza che conduce all'introduzione dei cosiddetti metodi diretti, che non offrono le garanzie formali di correttezza del risultato proprie di quelli classici ma permettono di costruire il modello del controllore insieme a quello del sistema. Conosce i due approcci fondamentali di tali metodi: quello "top-down", che parte da una specifica ad alto livello del comportamento desiderato del sistema e scende progressivamente nei dettagli facendo emergere la necessaria struttura del controllore, e quello "bottom-up", che parte da modelli dettagliati delle parti del sistema e del loro comportamento desiderato e man mano li aggrega per ottenere la soluzione complessiva al problema di controllo. Conosce le regole di affinamento e aggregazione di posti e transizioni ed è in grado di applicare i metodi diretti in casi semplici. Ha ben chiaro che nessun metodo (diretto o classico) è il migliore in assoluto, anzi che un problema di complessità realistica va in genere risolto applicando cooperativamente più di un metodo.

OTTAVA SETTIMANA - ESERCITAZIONE

SINTESI DEL CONTROLLO LOGICO TRAMITE RETI DI PETRI

Si affrontano, con gli strumenti software a disposizione, alcuni esempi di sintesi del controllo logico, di complessità crescente e con uso coordinato dei metodi di sintesi visti a lezione.

NONA SETTIMANA - LEZIONE

INTRODUZIONE AL PLC, ALLA SUA PROGRAMMAZIONE SECONDO LA NORMA IEC 1131-3 ED AL LINGUAGGIO LD

L'allievo sa cos'è un PLC (Programmable Logic Controller), quali sono i suoi elementi costitutivi fondamentali e qual è il suo ruolo nell'implementazione del sistema di controllo di un DES. E' in grado di comprendere la terminologia base nella programmazione dei PLC e sa qual è il tipico ciclo operativo di un PLC. Conosce (per sommi capi) la norma IEC 1131, e sa quali sono i linguaggi di programmazione ch'essa comprende al punto 3: sa che vi sono linguaggi testuali (Instruction List e Structured Text) e grafici (Functional Block Diagram, Ladder Diagram e Sequential Functional Chart). Conosce gli elementi fondamentali del linguaggio LD (contatti, contatti a rilievo di fronte, bobine, bobine ritenute, label, salti) e sa come avviene l'esecuzione da parte del PLC di un programma LD contenente questi elementi. E' in grado, su queste basi, di scrivere il programma LD che implementa un controllore descritto come rete di Petri, ed in particolare un supervisore logico sintetizzato col metodo dei P-invarianti.

DECIMA SETTIMANA - LEZIONE

I LINGUAGGI LD E SFC

L'allievo conosce le altre strutture del linguaggio LD d'interesse ai fini del corso (contatori, sequenziatori, temporizzatori) ed è in grado di usarle per scrivere programmi di controllo. Conosce gli elementi sintattici fondamentali del linguaggio SFC: fasi, archi, variabili, variabili temporizzate, condizioni, azioni e loro tipi, forzamenti. Conosce quindi le regole di

esecuzione di uno schema SFC o di più schemi SFC tra loro coordinati. Sulla base di alcuni esempi svolti e commentati a lezione, è in grado di affrontare ed eseguire modo ordinato la scrittura di un programma di controllo in linguaggio SFC.

UNDICESIMA SETTIMANA - ESERCITAZIONE

PROGRAMMAZIONE DEI PLC IN LINGUAGGIO LD

Viene presentato e messo a disposizione degli allievi uno strumento per la programmazione dei PLC in linguaggio LD e SFC. Con l'uso di tale strumento vengono svolti esercizi di programmazione di complessità crescente, sia implementando controllori logici precedentemente sintetizzati tramite reti di Petri che risolvendo direttamente semplici problemi di controllo in Ladder Logic.

DODICESIMA SETTIMANA - LEZIONE

RELAZIONI TRA RETI DI PETRI E SFC; TRADUZIONE DA SFC A LD

L'allievo ha compreso che il linguaggio SFC è assai adatto a divenire uno strumento di specifica, e trae questa consapevolezza dall'aver visto a lezione come in esso un programma di controllo possa essere scritto con estrema facilità a partire dalla rete di Petri del sistema controllato. In particolare, nel far ciò ha imparato come trarre frutto dai metodi di affinamento di posti e transizioni per trattare il problema come puramente logico fin dov'è possibile e per introdurre poi il tempo in modo ordinato e sistematico, così da impiegare al massimo gli strumenti di sintesi del controllo logico. Parallelamente, ha anche compreso che il linguaggio LD è maggiormente adatto a descrivere l'esecuzione del programma di controllo in dettaglio e in modo vicino alla macchina, e sa ch'esso è disponibile su molti più PLC di quanti siano dotati di SFC. Conosce a tal proposito (ed è in grado di usare) un metodo di traduzione da SFC a LD, in modo da poter comunque adoperare il primo linguaggio (perlomeno come strumento di specifica e documentazione) e trarre vantaggio dalla sua miglior leggibilità, essendo poi in grado d'implementare il programma ottenuto anche su PLC ov'è disponibile il solo LD.

TREDICESIMA SETTIMANA - ESERCITAZIONE

TRADUZIONE DA SFC A LD; ESERCIZI DI RIEPILOGO

Viene risolto un problema di controllo che conduce alla stesura di un programma SFC, e con l'uso dello strumento software a disposizione questo viene implementato in LD. Si svolgono esercizi di riepilogo su tutto il contenuto del corso, e vengono presentati agli studenti i temi dei progetti d'esame.
